

Analisis Koordinasi Proteksi Arus Lebih Fasa PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara Akibat Penambahan Generator

Andreas Dianto Fajar, Margo Pujiantara, Sjamsjul Anam.

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: andreasdfkpp@gmail.com, margo@ee.its.ac.id, anam@ee.its.ac.id

Abstrak— Sistem proteksi merupakan suatu hal yang sangat penting bagi sistem kelistrikan setiap pabrik. Sistem proteksi tersebut harus dapat bekerja dengan cepat, tepat, selektif, dan ekonomis sehingga peralatan-peralatan proteksi dapat mengamankan peralatan lain dari gangguan yang muncul dan pabrik bisa berjalan dengan baik. Gangguan yang muncul biasanya berupa arus *short circuit*. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi *short circuit* pada analisis koordinasi proteksi arus lebih fasa ini. Selain itu, diperlukan pula studi aliran daya (*load flow*) agar dapat menunjang analisis tersebut. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui bagaimana keadaan peralatan-peralatan proteksi pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara setelah dilakukan penambahan generator sebesar 480 kW. Apabila kapasitas peralatan-peralatan proteksinya masih bisa mengamankan arus gangguan yang muncul maka perlu dilihat *setting* peralatan proteksi tersebut apakah peralatan tersebut telah bekerja dengan tepat dan terkoordinasi. Dalam menganalisis kondisi eksisting, sistem dapat dimodelkan menggunakan ETAP 12.6.0 lalu dilakukan analisis *short circuit* pada setiap bus dan melihat koordinasi proteksi saat gangguan terjadi. Pada analisis koordinasi proteksi, dilakukan pembuatan tipikal-tipikal untuk mempermudah pengkoordinasian peralatan proteksi. Setting arus dan waktu harus sesuai dengan standar yang berlaku sehingga koordinasinya dapat berjalan dengan baik.

Kata Kunci – aliran daya, *Short circuit*, koordinasi proteksi.

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan hal yang sangat penting di bidang perindustrian karena industri tersebut tidak dapat beroperasi jika tidak ada listrik. Proses penyediaan listrik pun tidak hanya mengenai penyambungan listrik ke beban namun juga diperlukan peralatan pengaman yang baik dengan setting yang tepat agar gangguan-gangguan yang muncul dapat teratasi. Fungsi dari peralatan pengaman yaitu untuk mengatasi gangguan-gangguan yang muncul, melokalisasi gangguan yang

muncul, melindungi peralatan – peralatan lain dari kerusakan akibat adanya gangguan, melindungi manusia dari bahaya akibat gangguan yang muncul. Oleh karena itu, peralatan pengaman ini mempunyai peran yang sangat penting dalam sistem kelistrikan.

Belakangan ini, PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara melakukan penambahan generator sebesar 480 kW untuk memenuhi kebutuhan bebannya. Selain itu, dilakukan pula perubahan konfigurasi saluran pada unit operasi ini. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kontinuitas penyaluran dayanya mengingat sangat pentingnya produksi gas pada unit operasi ini. Penambahan generator dan pengubahan konfigurasi saluran ini pasti menyebabkan adanya perubahan nilai dari arus gangguan yang muncul. Oleh karena itu, Perlu dilakukan analisis koordinasi proteksi arus lebih fasa agar koordinasi proteksi tetap baik dan dapat mengatasi gangguan yang muncul.

II. DASAR TEORI DAN STUDI LITERATUR

A. Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik adalah suatu kondisi atau keadaan abnormal yang dialami oleh sistem tenaga listrik yang mengakibatkan terganggunya kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Gangguan yang terjadi akan menyebabkan peralatan pengaman pada sistem tenaga listrik bekerja. Gangguan pada sistem tenaga listrik berdasarkan asalnya dapat diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu gangguan yang berasal dari dalam sistem dan gangguan yang berasal dari luar sistem[4]. Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem antara lain kesalahan pemasangan instalasi yang dapat mengakibatkan gangguan hubung singkat, kerusakan material seperti kawat putus, kecacatan isolasi kabel, atau pecahnya isolator. Sedangkan, penyebab gangguan yang berasal dari luar sistem seperti adanya gangguan alam (pohon tumbang menimpa kabel, monyet bergelantungan pada kabel), pengaruh cuaca (hujan, angin, serta surja petir), dan kecerobohan manusia. Bila ditinjau dari segi lamanya waktu, gangguan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu gangguan temporer dan gangguan permanen. Gangguan yang bersifat temporer dapat hilang dengan sendirinya bila peralatan pengaman bekerja sehingga bagian yang terganggu bisa dilokalisasi. Sedangkan,

gangguan yang bersifat permanen dapat dihilangkan apabila dilakukan tindakan perbaikan atau menghilangkan sumber gangguan.

Gangguan Sistem tenaga listrik ini bisa dibedakan menjadi beberapa hal bila ditinjau dari sebabnya. Tetapi, terdapat empat gangguan sistem tenaga listrik yang biasa terjadi yaitu gangguan beban lebih, gangguan tegangan lebih, gangguan hubung singkat, dan gangguan hubung terbuka (seri).

B. Relay pengaman

Relay pengaman adalah sebuah peralatan pengaman sistem tenaga listrik yang dirancang untuk mendeteksi bila terjadi suatu gangguan pada sistem tenaga listrik. Relay pengaman merupakan kunci kelangsungan kerja dari suatu sistem tenaga listrik, dimana gangguan segera dapat dilokalisasi dan dihilangkan sebelum menimbulkan akibat yang lebih luas. Relay yang sering digunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik salah satunya adalah relay arus lebih. Relay arus lebih merupakan relay yang digunakan sebagai pengaman gangguan hubung singkat, tetapi dalam beberapa kasus dapat berfungsi sebagai pengaman beban lebih. Relay ini merupakan relay dengan nomor 50/51.

Relay arus lebih akan bekerja jika arus gangguan yang melewati relay melebihi dari nilai arus kerja relay. Sedangkan relay tidak akan bekerja jika arus gangguan yang melewati relay tersebut lebih kecil dari nilai arus kerja relay. Besarnya arus gangguan dinyatakan terhadap lilitan sekunder CT (*current transformer*) dan arus kerja dinyatakan terhadap lilitan sekunder CT.

$I_f > I_p$ rele \longrightarrow akan bekerja
 $I_f < I_p$ rele \longrightarrow tidak bekerja

Dimana :

I_f = Arus gangguan

I_p = Arus kerja rele

Relay arus lebih ini memiliki beberapa kurva karakteristik yaitu waktu invers, waktu tertentu, dan waktu instan. Prinsip kerja relay arus lebih waktu invers adalah arus gangguan berbanding terbalik dengan waktu operasi. Relay tersebut bekerja semakin cepat apabila arus gangguan yang muncul semakin besar, dan sebaliknya. Relay arus lebih ini dapat dijelaskan dengan kurva TCC yang mana kurva tersebut dalam skala *time dial*. Menurut standar IEC 60255-3 dan British Standard 142-1983, kurva invers ini terdapat beberapa jenis yaitu *standard inverse*, *very inverse*, *extremely inverse*, dan *ultra inverse*. Sedangkan, relay waktu tertentu dapat diatur waktu operasi yang beragam sesuai *level* arus yang berbeda. Dengan menggunakan rele arus lebih jenis ini gangguan dapat diputus dengan cepat sesuai dengan *time delay* yang diinginkan. Lalu, prinsip kerja relay waktu instan sama dengan relay waktu tertentu tetapi waktu yang digunakan sangat cepat yaitu 0,08 - 0,1 detik.

Dasar penyetelan relay arus lebih (*over current relay*) OCR adalah sebagai berikut :

Relay arus lebih (OCR) tidak harus bekerja saat beban maksimum karena penghantar serta peralatan lainnya masih bisa dilewati arus di atas nilai arus kerjanya dalam waktu tertentu. Menurut British Standart 142 (BS 142), batas penyetelan relay adalah 1,05-1,3 I_{set} .

I_{set} adalah $\geq 1,05 I_n$

$$I_{set} \geq 1,05 \times I_{nominal} \quad (2.5)$$

$$I_s = \frac{I_{set}}{CT \text{ ratio}} \quad (2.6)$$

$$Tap = I_s / I_n \quad (2.7)$$

$$\text{Seting arus aktual } I_{set} = tap \times I_n \times CT \quad (2.8)$$

Pada penyetelan relay arus lebih juga harus memperhatikan batas maksimum *setting* untuk alasan keamanan dan back up hingga ke sisi *downstream*. Persamaan untuk pengaturan batasan maksimum penyetelan adalah sebagai berikut.

$$I_{set} \leq 0,8 I_{scmin} \quad (2.9)$$

$$Tap = \frac{I_{set}}{CT \text{ primary}} \quad (2.10)$$

Keterangan :

I_s = arus *setting* (ampere)

I_{set} = arus *pick up* (ampere)

Waktu operasi relay ditentukan dalam pengaturan *time dial*. *Time dial* menunjukkan kecuraman dari kurva relay. Persamaan yang digunakan untuk menentukan *time dial* dari masing kurva karakteristik adalah sebagai berikut [8].

$$T = TD \times \left(A + \left(\frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - C \right)} \right) + \left(\frac{D}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - C \right)^2} \right) + \left(\frac{E}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - C \right)^3} \right) \right)$$

Keterangan :

TD = *time dial*

T = Waktu operasi

I = nilai arus *short circuit max*

I_{pickup} = arus *pick up*

A = koefisien 1

B = koefisien 2

C = koefisien 3

D = koefisien 4

E = koefisien 5

Tabel 2.1 Koefisien Invers *Time Dial* relay yang Menggunakan Standar ANSI

ANSI Curve Shape	A	B	C	D	E
ANSI extremely inverse	0.0399	0.2294	0.5	3.0094	0.7222
ANSI very inverse	0.0615	0.7989	0.34	-0.284	4.0505
ANSI normally inverse	0.274	2.2614	0.3	-4.1899	9.1272
ANSI moderately inverse	0.1735	0.6791	0.8	-0.080	0.1271

III. SISTEM KELISTRIKAN PT. VICO INDONESIA UNIT OPERASI MUTIARA

A. Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara

PT. VICO Indonesia adalah salah satu perusahaan yang ditunjuk oleh pemerintah untuk melakukan proses eksplorasi minyak dan gas di Pulau Kalimantan, Indonesia. Lokasi dari pabrik PT. VICO Indonesia adalah di Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, Indonesia. Perusahaan ini telah berdiri sejak tahun 1968 dan telah memproduksi minyak dan gas (MIGAS) untuk memenuhi kebutuhan MIGAS di Indonesia dan untuk diekspor ke luar negeri. Sebagian besar gas yang diproduksi oleh PT. VICO Indonesia dikirimkan ke PT. Badak NGL untuk diolah menjadi *Liquified Natural Gas* (LNG) dan *Liquified Petroleum Gas* (LPG). Sedangkan, sisanya dikirim ke pabrik – pabrik petrokimia di Kalimantan seperti KPF, KPA, KMI, DAN KPI. PT. VICO Indonesia mempunyai beberapa unit operasi yaitu Muara Badak, Nilam, Semberah, dan Mutiara.

PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara mempunyai pembangkit listrik sendiri untuk memenuhi kebutuhan listriknya. Terdapat enam pembangkit listrik yang berupa *Gas Generator Set* pada unit operasi ini. Sistem distribusi yang digunakan adalah sistem distribusi radial dengan tegangan kerja yang digunakan adalah 0,38 kV. Sistem distribusi ini digunakan untuk menyalurkan daya bagi beban – beban yang ada seperti motor, kompresor, pompa, beban statis, dan *lump load*.

B. Sistem Pembangkitan PT. VICO Indonesia Unit operasi Mutiara

Pada saat setelah penambahan generator baru, PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara mempunyai enam pembangkit listrik dengan empat pembangkit beroperasi dan dua pembangkit stand by yang digunakan sebagai *back-up* apabila ada salah satu pembangkit yang mengalami *shut down* akibat terkena gangguan atau sedang mengalami proses pemeliharaan (*maintenance*). Sehingga proses produksi pada unit operasi ini bisa berjalan dengan baik. Pembangkit listrik yang digunakan adalah *gas generator set*. Perusahaan menggunakan generator jenis tersebut karena waktu starting generator tersebut tergolong cepat karena hanya memerlukan sekitar 5-10 menit untuk proses starting sehingga lebih fleksibel. Selain itu, gas generator set termasuk generator yang handal, bias meng – handle beban puncak, dan tidak terpengaruh oleh kondisi alam. Umur dari generator ini juga cukup panjang yaitu sekitar 10 tahun. Data dari generator – generator yang ada pada PT. VICO Indonesia dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Generator PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara

No.	ID	kW	kVA	kV	PF
1	MTZ – 1900A	445	556	0,38	0,8
2	MTZ – 1900B	445	556	0,38	0,8
3	MTZ – 1900C	210	260	0,38	0,8
4	MTZ – 1900D	325	406	0,38	0,8
5	MTZ – 1910	400	500	0,38	0,8
6	Z - 9960	480	600	0,38	0,8

IV. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

A. Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara

Sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara dimodelkan dalam suatu software simulasi. Pemodelan ini berisi data terbaru setelah dilakukan penambahan generator. Langkah awal dari pemodelan ini adalah dengan membuat *single line diagram* menggunakan ETAP 12.6 dari data – data yang ada pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara setelah penambahan generator. Data yang dimasukkan meliputi data generator, *busbar*, kabel, relay eksisting, CB, motor, *lump load*, dan sistem pentanahan.

Setelah dilakukan pemodelan sistem kelistrikan, perlu dilakukan analisis aliran daya (*load flow analysis*) untuk mengetahui kondisi sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara setelah dilakukan penambahan generator. Setelah itu, dilakukan analisis hubung singkat dan analisis koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara sehingga kami bisa mengetahui apakah *setting* koordinasi peralatan pengamannya sudah tepat atau belum.

B. Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia Unit operasi Mutiara

Analisis arus gangguan hubung singkat pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai arus hubung singkat pada setiap bus. Nilai arus hubung singkat tersebut digunakan untuk menentukan setting dari peralatan proteksi yang ada. Dalam analisis arus hubung singkat ini, terdapat dua parameter yang digunakan yaitu arus hubung singkat maksimum dan arus hubung singkat minimum. Arus hubung singkat maksimum terjadi saat adanya hubung singkat pada ketiga fasa pada saluran. Sedangkan, arus hubung singkat minimum terjadi saat adanya hubung singkat antar fasa pada saluran.

Tabel 4.1 Data Arus Hubung singkat Maksimum

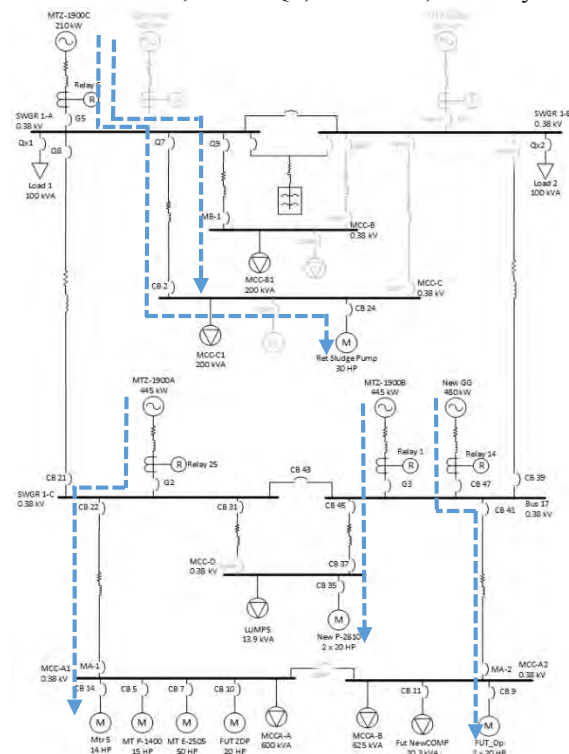
No.	Bus	Tegangan (kV)	Isc Max 4 Cycle (kA)	Isc Max 30 Cycle (kA)
1	SWGR – 1A	0,38	17,78	10,66
2	SWGR – 1B	0,38	17,78	10,66
3	MCC – B	0,38	8,05	6,03
4	MCC – C	0,38	10,31	7,4
5	SWGR – 1C	0,38	20,82	11,69
6	Bus 17	0,38	20,82	11,69
7	MCC – D	0,38	9,89	7,33
8	MCC – A1	0,38	17,05	10,23
9	MCC – A2	0,38	17,03	10,23
10	MTZ – 1900A	0,38	4,9	3,27
11	MTZ – 1900B	0,38	4,9	3,27
12	MTZ – 1900C	0,38	2,65	1,88
13	New GG	0,38	5,29	3,53

C. Pemilihan Tipikal Koordinasi Proteksi pada PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara

Dalam mempermudah melakukan koordinasi proteksi pada keseluruhan sistem, dilakukan pemilihan tipikal – tipikal yang mewakili keseluruhan dari sistem kelistrikan pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara. Pada kasus ini, dilakukan pemilihan lima tipikal yaitu tipikal 1, tipikal 2, tipikal 3, tipikal 4, dan tipikal 5. Pemilihan tipikal ini berdasarkan lokasi beban terjauh dari tiap generator yang beroperasi baik generator lama maupun generator baru. Lima tipikal yang dipilih pada sistem kelistrikan tersebut yaitu:

- Tipikal 1: Koordinasi proteksi dari generator MTZ – 1900C hingga ke beban motor Mtr 5. Peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB 14, LVCB MA-1, LVCB 22, LVCB 21, LVCB Q8, LVCB G5, dan relay 6.
- Tipikal 2 : Koordinasi proteksi dari generator MTZ – 1900A hingga ke beban motor New P – 2810. Peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB 35, LVCB 37, LVCB 45, LVCB 43, LVCB 2, dan relay 25.
- Tipikal 3 : Koordinasi proteksi dari generator New GG hingga ke beban motor FUT_Op. Peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB 9, LVCB MA-2, LVCB 41, LVCB 47, dan relay 14.
- Tipikal 4 : Koordinasi proteksi dari MTZ – 1900C hingga ke beban motor Ret Sludge Pump. Peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB 24, LVCB 2, LVCB Q7, LVCB G5, dan relay 6.
- Tipikal 5 : Koordinasi proteksi dari generator MTZ – 1900C hingga ke beban lump MCC B1.

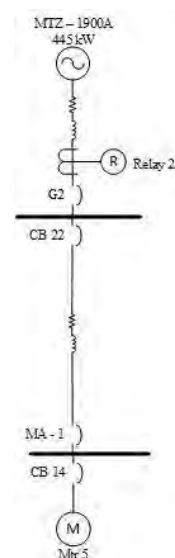
Peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB MB-1, LVCB Q9, LVCB G5, dan relay 6.



Gambar 4.1 tipikal – tipikal yang Dipilih untuk Dikoordinasikan

D. Analisis Koordinasi Proteksi pada Tipikal 1

Koordinasi yang dilakukan pada tipikal ini adalah koordinasi peralatan proteksi dari beban motor Mtr 5 sampai dengan generator MTZ – 1900A. Peralatan yang dikoordinasikan pada tipikal ini meliputi LVCB 14, LVCB MA-1, LVCB 22, LVCB G2, dan relay 25.



Gambar 4.7 Single Line Diagram Tipikal 1

LVCB MA – 1

Manufacturer

: Square-D

Type : RKA MICROLOGIC
5.0
Sensor ID : 1200 A
Rating Plug : 1200 A
FLA di bawah MCC – A1 : $23.73 + 25.42 + 78.68 + 33.27 + 911.6 = 1072,7$ A
Isc min MCC – A1 : 10,29 kA
Isc max 4 cycle MCC – A1 : 15,57 kA

Long Time Pickup

$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$
 $1,05 \times 1072,7 < I_{set} < 1,3 \times 1072,7$
 $1126,34 < I_{set} < 1394,51$

Dipilih $I_{set} = 1128$ A

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{1128}{1200} = 0.94$$

Long Time Band

Dipilih $LT \text{ band} = 1$

Short Time Pickup

$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times \text{Isc min MCC} - \text{A1}$

$1,6 \times 1072,7 < I_{set} < 0,8 \times 10290$

$1716,32 < I_{set} < 8232$

Dipilih $I_{set} = 2820$ A

$$ST \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{2820}{1128} = 2.5$$

Short Time Band

Dipilih $ST \text{ band} = 0.3\text{s}$

Instantaneous Pickup

Instantaneous pickup tidak diaktifkan.

Dilakukan penggantian *tripping device* pada LVCB ini dari micrologic 3.0 menjadi micrologic 5.0 agar dapat disetting nilai *short time* nya serta mendapatkan *delay* yang diinginkan guna mendapatkan koordinasi proteksi yang lebih baik.

LVCB 22

Manufacturer : Siemens
Type : 3WL11N 16
Frame ID : 1600 A
Rating Plug : 1600 A
FLA di bawah MCC – A1 : $23.73 + 25.42 + 78.68 + 33.27 + 911.6 = 1072,7$ A
Isc min MCC – A1 : 10,29 kA
Isc max 4 cycle MCC – A1 : 15,57 kA

Long Time Pickup

$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$
 $1,05 \times 1072,7 < I_{set} < 1,3 \times 1072,7$
 $1126,34 < I_{set} < 1394,51$

Dipilih $I_{set} = 1280$ A

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{1280}{1600} = 0.8$$

Long Time Band

$LT \text{ band} = 10\text{s Fixed}$

Short Time Pickup

$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times \text{Isc min MCC} - \text{A1}$

$1,6 \times 1072,7 < I_{set} < 0,8 \times 10290$

$1716,32 < I_{set} < 8232$

Dipilih $I_{set} = 3200$ A

$$ST \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{3200}{1600} = 2$$

Short Time Band

$ST \text{ band} = 0.3\text{s}$

Nilai $ST \text{ Band}$ pada LVCB 22 dipilih 0.3 detik karena diantara LVCB 22 dan LVCB MA – 1 tidak ada beban sehingga tidak diperlukan *gradding time* antara LVCB 22 dan LVCB MA – 1.

Relay 25

Manufacturer : General Electric
Type : Multilin 489
Curve Type : ANSI – Normal Inverse
CT Ratio : 1000 / 5 A
FLA MTZ – 1900A : 844,8 A
Isc min kontribusi MTZ – 1900A ke SWGR – 1C : 3,33 kA
Isc max 4 cycle kontribusi MTZ – 1900A ke SWGR – 1C : 4,8 kA

Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$

$1,05 \times 844,8 < I_{set} < 1,3 \times 844,8$

$887,14 < I_{set} < 1098,24$

Dipilih $I_{set} = 950$ A

$$\text{pickup} = \frac{I_{set}}{CT \text{ Ratio}} = \frac{950}{1000} = 0.95$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 0,9 s

$$T = TD \times \left(0,0274 + \left(\frac{2,2614}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - 0,3 \right)} \right) + \left(\frac{-4,1899}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - 0,3 \right)^2} \right) \right)$$

$$+ \left(\frac{9,127}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - 0,3 \right)^3} \right)$$

$$\frac{I_{sc \text{ max 4 cycle}}}{I_{set}} = \frac{4800}{950} = 5,05$$

$$TD = 0,9 / \left(0,0274 + \left(\frac{2,2614}{(5,05 - 0,3)} \right) + \left(\frac{-4,1899}{(5,05 - 0,3)^2} \right) + \left(\frac{9,127}{(5,05 - 0,3)^3} \right) \right)$$

$$TD = 0,9 / 0,419$$

$$TD = 2.17$$

Dipilih $Time \text{ Dial} = 2.17$

Instantaneous Pickup

$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times \text{Isc min kontribusi MTZ} - 1900\text{A ke SWGR} - 1\text{C}$

$1,6 \times 911,6 < I_{set} < 0,8 \times 3330$

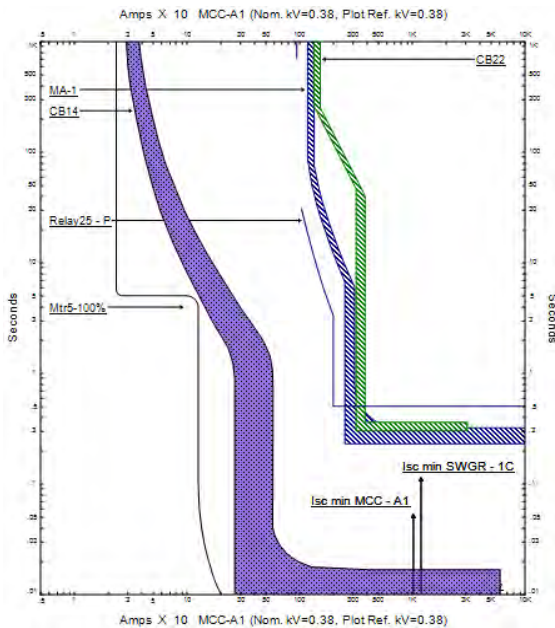
$1458,56 < I_{set} < 2664$

Dipilih $I_{set} = 2000 \text{ A}$

$$\text{Instantaneous pickup} = \frac{I_{set}}{\text{CT Ratio}} = \frac{2000}{1000} = 2$$

Time delay

Dipilih Time Delay sebesar 0.5 s



Gambar 4.8 Plot kurva TCC kondisi resetting pada tipikal 1

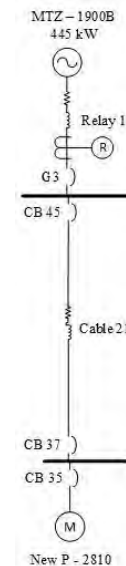
Tabel 4.2 Data Resetting peralatan pengaman dari Tipikal 1

ID CB	Manufacture	Setting	
LVCB 14	Square-D FA 480V Size 30	Thermal Trip	Fixed
		Magnetic Trip	Fixed
LVCB MA - 1	Square-D RKA Micrologic Size 1200 Sensor ID 1200	LT Pickup	0.94
		LT Band	1
		ST Pickup	2.5
		ST Band	0.3s
LVCB 22	Siemens 3WL11N 16 Size 1600 Rating Plug 1600	Inst. Pick	Disabled
		LT Pickup	0.8
		LT Band	10s Fixed
		ST Pickup	2
LVCB G2	Siemens 3WL51S 16 Size 1600 Rating Plug 1600	ST Band	0.3s
		Inst. Pick	Disabled
		LT Pickup	Disabled
		LT Band	Disabled
Relay 25	GE Multilin 489	ST Pickup	Disabled
		ST Band	Disabled
		Inst. Pick	Disabled
		Curve Type	ANSI-Normal Inverse

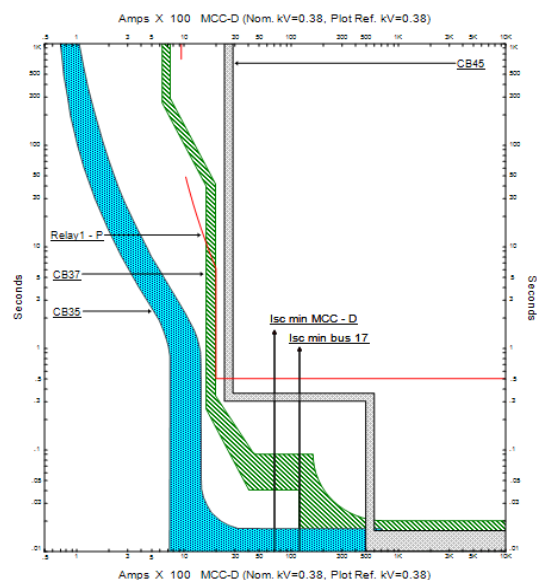
ID CB	Manufacture	Setting	
	CT ratio 1000 :5	Pickup Range	0,15 – 20 x CT Sec
		Pickup	0.95
		Time Dial	2.17
		Inst. Pickup	2
		Time Delay	0.5

E. Analisis Koordinasi Proteksi pada Tipikal 2

Koordinasi yang dilakukan pada tipikal 2 ini adalah koordinasi peralatan proteksi dari beban motor New P - 2810 sampai dengan generator MTZ - 1900A. Peralatan yang dikoordinasikan pada tipikal ini meliputi LVCB 35, LVCB 37, LVCB 45, LVG3, dan relay 25.



Gambar 4.9 Single Line Diagram Tipikal 2



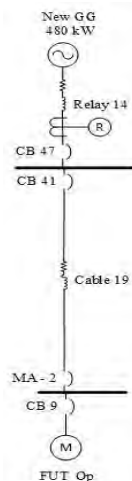
Gambar 4.11 Plot kurva TCC kondisi resetting pada tipikal 2

Tabel 4.3 Data *Resetting* peralatan pengaman dari Tipikal 2

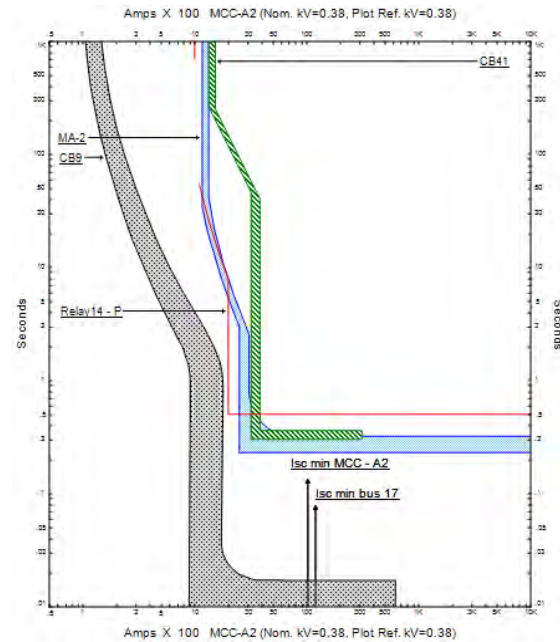
ID CB	Manufacture	Setting	
LVCB 35	Square-D FA 480V Size 70	Thermal Trip	Fixed
		Magnetic Trip	Fixed
LVCB 37	Cutler-Hummer HND Size 1200 Rating Plug 600	LT Pickup	Fixed
		LT Band	Fixed
		ST Pickup	3X
		ST Band	Fixed
LVCB 45	Siemens 3WL11N 16 Size 1600 Rating Plug 1600	LT Pickup	Disabled
		LT Band	Disabled
		ST Pickup	1.5
		ST Band	0.3
		Inst. Pick	Disabled
LVCB G3	Siemens 3WL51S 16 Size 1600 Sensor ID 1200	LT Pickup	Disabled
		LT Band	Disabled
		ST Pickup	Disabled
		ST Band	Disabled
		Inst. Pick	Disabled
Relay 1	GE Multilin 489 CT ratio 1000 :5	Curve Type	ANSI-Normal Inverse
		Pickup Range	0,15 – 20 x CT Sec
		Pickup	0.95
		Time Dial	4
		Inst. Pickup	2
		Time Delay	0.5

F. Analisis Koordinasi Proteksi pada Tipikal 3

Koordinasi yang dilakukan pada tipikal 3 ini adalah koordinasi peralatan proteksi dari beban motor FUT Op sampai dengan generator New GG. Peralatan yang dikoordinasikan pada tipikal ini meliputi LVCB 9, LVCB MA-2, LVCB 41, LVCB 47, dan relay 14.



Gambar 4.12 Single Line Diagram Tipikal 3



Gambar 4.14 Plot kurva TCC kondisi *resetting* pada tipikal 3

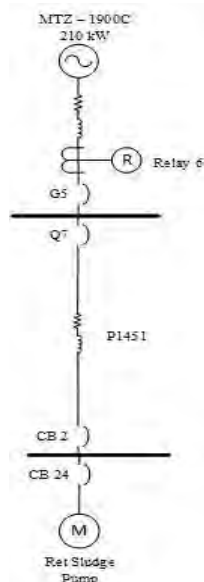
Tabel 4.4 Data *Resetting* peralatan pengaman dari Tipikal 3

ID CB	Manufacture	Setting	
LVCB 9	Square-D FA 480V Size 80	Thermal Trip	Fixed
		Magnetic Trip	Fixed
LVCB MA - 2	Square-D RKA Micrologic5.0 Size 1200 Sensor ID 1200	LT Pickup	0.93
		LT Band	0.5
		ST Pickup	2.5
		ST Band	0.3
		Inst. Pick	Disabled
LVCB 41	Siemens 3WL11N 16 Size 1600 Rating Plug	LT Pickup	0.8
		LT Band	10s Fixed
		ST Pickup	2
		ST Band	0.3
		Inst. Pick	Disabled
LVCB 47	Cutler-Hummer DS-416 Size 1600 Sensor ID 1200	LT Pickup	Disabled
		LT Band	Disabled
		ST Pickup	Disabled
		ST Band	Disabled
		Inst. Pick	Disabled
Relay 14	GE Multilin 489 CT ratio 1000 :5	Curve Type	ANSI-Extremely Inverse
		Pickup Range	0,15 – 20 x CT Sec
		Pickup	1

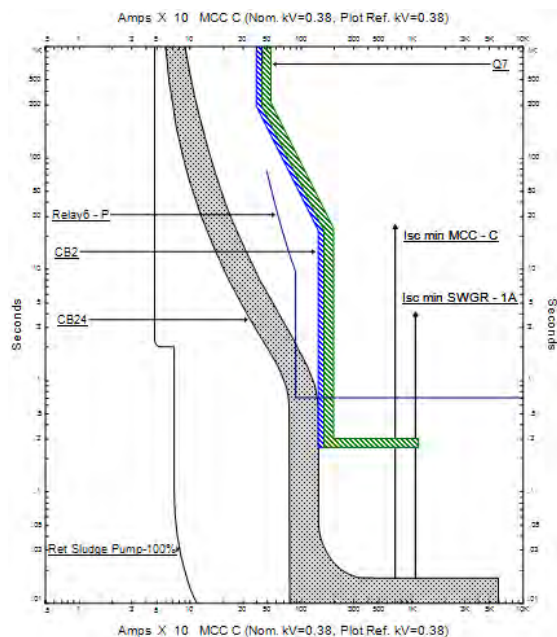
ID CB	Manufacture	Setting	
		Time Dial	4.5
		Inst. Pickup	2
		Time Delay	0.5

G. Analisis Koordinasi Proteksi pada Tipikal 4

Koordinasi yang dilakukan pada tipikal 4 ini adalah koordinasi peralatan proteksi dari beban Ret Sludge Pump sampai dengan generator MTZ - 1900C. Peralatan yang dikoordinasikan pada tipikal ini meliputi LVCB 24, LVCB 2, LVCB Q7, LVCB G5, dan relay 6.



Gambar 4.15 Single Line Diagram Tipikal 4



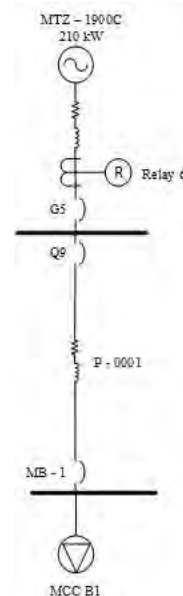
Gambar 4.18 Plot kurva TCC kondisi resetting pada tipikal 4

Tabel 4.5 Data Resetting peralatan pengaman dari Tipikal 4

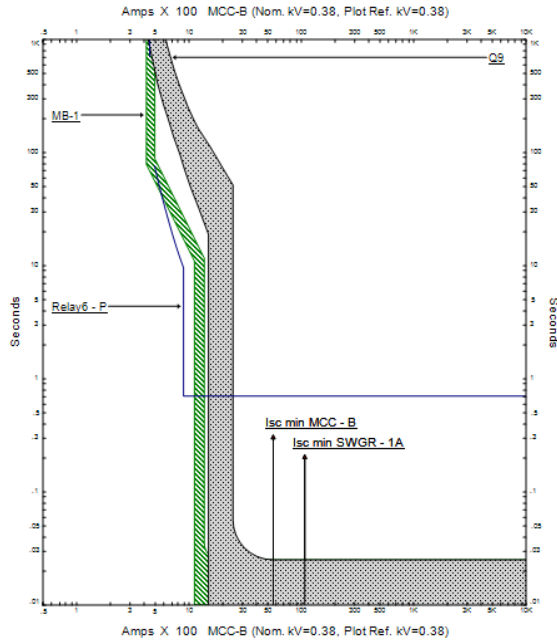
ID CB	Manufacture	Setting	
		Thermal Trip	Fixed
LVCB 24	Square-D FA 480V Size 40	Magnetic Trip	Fixed
LVCB 2	Cutler-Hummer ND RMS 310N Size 800	LT Pickup	Fixed
		LT Band	Fixed
		ST Pickup	4X
		ST Band	300 (0.3 s)
LVCB Q7	Cutler-Hummer ND Size 800 Rating Plug 400	LT Pickup	Fixed
		LT Band	Fixed
		ST Pickup	4X
		ST Band	300 (0.3 s)
LVCB G5	Merlin Gerin M 12 H1 Size 1250	LT Pickup	Disabled
		LT Band	Disabled
		Inst. Pick	Disabled
Relay 6	GE Multilin 489 CT ratio 600 :5	Curve Type	ANSI-Normal Inverse
		Pickup Range	0,15 – 20 x CT Sec
		Pickup	0.75
		Time Dial	5.38
		Inst. Pickup	1.5
		Time Delay	0.7

H. Analisis Koordinasi Proteksi pada Tipikal 5

Koordinasi yang dilakukan pada tipikal 5 ini adalah koordinasi peralatan proteksi dari beban MCC B1 sampai dengan generator MTZ - 1900C. Peralatan yang dikoordinasikan pada tipikal ini meliputi LVCB MB-1, LVCB Q9, LVCB G5, dan relay 6.



Gambar 4.19 Single Line Diagram Tipikal 5



Gambar 4.22 Plot kurva TCC kondisi *resetting* pada tipikal 5

Tabel 4.12 Data *Resetting* peralatan pengaman dari Tipikal 5

ID CB	Manufacture	Setting	
LVCB MB - 1	GE SGPB Size 600 Rating Plug 500	LT Pickup	0.8
		LT Band	1
		Inst. Pickup	2.5
LVCB Q9	Square-D MAL Size 400	Thermal Trip	Fixed
		Magnetic Trip	5
LVCB G5	Merlin Gerin M 12 H1 Size 1250	LT Pickup	Disabled
		LT Band	Disabled
		Inst. Pick	Disabled
Relay 6	GE Multilin 489 CT ratio 600 :5	Curve Type	ANSI-Normal Inverse
		Pickup Range	0,15 – 20 x CT Sec
		Pickup	0.75
		Time Dial	5.38
		Inst. Pickup	1.5
		Time Delay	0.7

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

- Hasil analisis koordinasi proteksi data eksisting menunjukkan adanya *miss-coordination* antar peralatan pengaman karena *setting* peralatan pengaman *backup* lebih besar dari *setting* peralatan pengaman utamanya. Hal ini

mengakibatkan peralatan pengaman *backup* bekerja lebih cepat daripada peralatan pengaman utama.

- Banyak peralatan yang bekerja dengan waktu yang hampir bersamaan saat terjadi gangguan. Hal ini menunjukkan kurang baiknya koordinasi antar peralatan pengaman. Hal ini dapat mengakibatkan pemadaman total pada pada pabrik PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara.
- Setting *lowset* dari beberapa peralatan seperti LVCB MA-1, LVCB 37, LVCB 45, LVCB MA-2, dan LVCB 24 tidak sesuai dengan standar yang berlaku yaitu BS 143 – 1983 yang mengakibatkan peralatan proteksi gagal mengamankan gangguan *overload* sehingga bisa berdampak pada kerusakan beberapa beban motor yang ada. Ketidaksesuaian dapat dilihat pada tabel-tabel data eksisting peralatan pengaman tipikal pada sub bab 4.4.
- Beberapa MCCB pengaman motor bekerja jauh di atas FLA dari motor tersebut sehingga CB tidak bisa mengamankan bila ada gangguan *overload*. Hal ini dapat berdampak pada timbulnya panas berlebih pada motor bahkan motor dapat terbakar.

Daftar pustaka

- IEEE Standards 242 - 2001, "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System", The Institute of Electrical and electronics Engineers, Inc., New York, Ch. 15, 2001.
- Gurevich, Vladimir, "Electric Relays, Principle and application", CRC Press, USA, Ch. 10, 2006.
- Bonggas L. Tobing, "Peralatan Tegangan Tinggi", Jakarta : Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, 2003.
- Siemens Manuals, "Power Distribution-Guide", Hen, 2006.
- Penangsang, Ontoeseno, "Diktat Kuliah Analisa Sistem Tenaga 2", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2006.
- Stevenson, Jr., William D., "Analisis Sistem Tenaga Listrik", alih bahasa oleh: Ir. Kamal Idris, Erlangga, 1990.
- Supriyanto, Adi, "Analisis Sistem Tenaga 2", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Wahyudi, "Diktat Kuliah Sistem Pengaman", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2004.
- Lazar, I., "Electrical Systems Analysis and Design for Industrial Plants", McGraw-Hill Companies, Inc, USA, Ch. 6, 1980.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Andreas Dianto Fajar Kurnia Putra Pratama. Lahir di Surabaya pada tanggal 30 September 1994.

Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara.

Riwayat pendidikan penulis yaitu bersekolah di SDK Wijana sejati, Mojokerto. Setelah lulus dari SD pada tahun 2006, penulis melanjutkan ke SMPN 1 Kota Mojokerto dari tahun 2006 hingga 2009. Setelah lulus dari SMP pada tahun 2009, kemudian melanjutkan studi di SMAN 1 Sooko, Mojokerto dari tahun 2009 hingga 2012. Setelah lulus dari SMA, penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada Jurusan Teknik Elektro yang dinaungi oleh Fakultas Teknologi Industri. Di jurusan teknik elektro, penulis mengambil bidang studi teknik sistem tenaga sesuai yang telah diinginkannya sejak duduk di bangku SMA. Selama kuliah di teknik elektro ITS, penulis juga mengikuti berbagai kepanitiaan dan organisasi. Kepanitiaan yang pernah diikuti penulis yaitu menjadi panitia dalam lomba ELECTRA (Electrical competition, Tour, and Rally) yang diadakan oleh teknik elektro ITS pada tahun 2014. Selain itu, panitia juga menjadi panitia pada sie perlengkapan pada acara EE Events (LCEN, Baronas, National Simposium, dan ISITIA) yang diadakan oleh teknik elektro ITS pada tahun 2015. Penulis juga dapat dihubungi melalui email andreasdfkpp@gmail.com.